

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-082927

(43)Date of publication of application : 30.03.2001

(51)Int.Cl. G01B 11/00  
G01C 3/06  
G06T 17/40  
G06T 15/00  
G06T 7/00

(21)Application number : 11-262112

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 16.09.1999

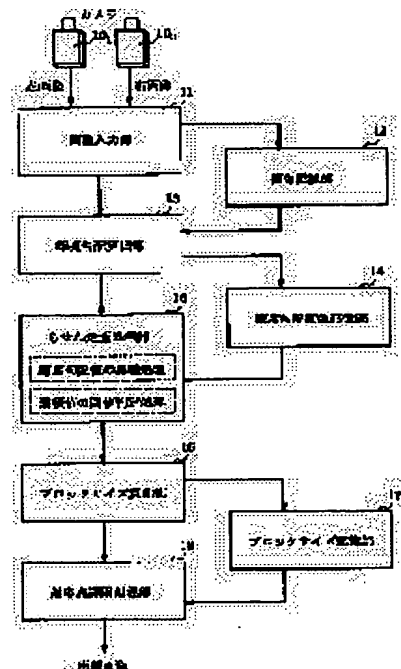
(72)Inventor : HOSOYA HIDEKAZU  
NAKANISHI MAMORU

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR PROCESSING THREE-DIMENSIONAL IMAGE AND RECORDING MEDIUM RECORDING THREE-DIMENSIONAL IMAGE PROCESSING PROGRAM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enable a three-dimensional image processing apparatus to determine an optimum block size without decreasing the accuracy of estimating parallax and reduce processing time.

**SOLUTION:** An image input part 11 stores into an image storage part 12 picture element data about a right image and a left image taken by cameras 102, 101 and input to an apparatus. A brightness gradient calculating part 13 calculates a brightness gradient in an area near each picture element through a differential filter process or the like for all the picture elements. A spiral scan process part 15 performs spiral scans about each picture element and reads the brightness gradient value obtained for each picture element being scanned and performs a cumulating (adding) process. A block size calculating part 16 determines an optimum block size for each picture element in accordance with the number (or cycle) of scanned picture elements which is determined for each picture element. A corresponding point searching process part 18 performs a process for searching the corresponding points of the right and left images by use of the block size determined for each picture element.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-82927

(P2001-82927A)

(43)公開日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H 2 F 0 6 5

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

V 2 F 1 1 2

G 0 6 T 17/40

G 0 6 F 15/62

3 5 0 K 5 B 0 5 0

15/00

3 5 0 V 5 B 0 5 7

7/00

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 16 頁)

(21)出願番号

特願平11-262112

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(22)出願日

平成11年9月16日(1999.9.16)

(72)発明者 細谷 英一

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 中西 衛

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 100088328

弁理士 金田 暢之

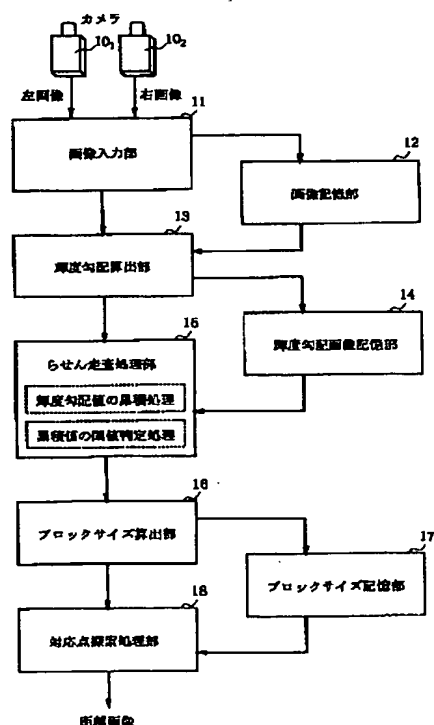
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 三次元画像処理方法、装置、および三次元画像処理プログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】 三次元画像処理装置において、視差推定の精度が低下することなく最適なブロックサイズを決定でき、かつ処理時間を短くする。

【解決手段】 画像入力部11は、カメラ10<sub>1</sub>、10<sub>2</sub>で撮影され、装置に入力された左画像と右画像の画素データを画像記憶部12へ格納する。輝度勾配算出部13は、微分フィルタ処理等により、各画素における近傍領域の輝度勾配を、全画素について求める。らせん走査処理部15では、各画素について、該画素を中心としたらせん状走査を行い、走査中の画素において前記得られた輝度勾配値を読み出し、累積(加算)処理を行う。ブロックサイズ算出部16では、画素毎に得られた前記走査画素数(または周回数)に基づき、画素毎に最適なブロックサイズを求める。対応点探索処理部18は、求められた画素毎のブロックサイズを用いて、左右画像の対応点探索処理を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる視点から撮られた複数枚の画像を入力とし、第 1 の画像の各画素について、第 1 の画像を除く画像中の最も相応する画素位置を探索し、それらの画素位置の差分を視差情報として抽出し、該視差情報から距離画像を得る三次元画像処理方法において、各画素毎に輝度勾配を求める段階と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値を、らせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める段階と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数 10 を基に正規化する段階と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める段階とを有することを特徴とする三次元画像処理方法。

【請求項 2】 前記輝度勾配として、着目画素の画素値と走査中の対象画素の画素値の差分絶対値和を求める、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 異なる視点から撮られた複数枚の画像を入力とし、第 1 の画像の各画素について、第 1 の画像を除く画像中の最も相応する画素位置を探索し、それらの画素位置の差分を視差情報として抽出し、該視差情報から距離画像を得る三次元画像処理装置において、輝度分布から求める評価値に基づき、当該画素の対応点探索に用いるブロックサイズを決定する手段と、画素毎に別々に求めたブロックサイズを用いて画像間でブロックマッチングにより対応点探索を行う手段を有することを特徴とする三次元画像処理装置。

【請求項 4】 前記ブロックサイズを決定する手段が、画素毎に輝度勾配を求める手段と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値を、らせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める手段と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数を基に正規化する手段と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める手段とを有する、請求項 3 記載の三次元画像処理装置。

【請求項 5】 画素毎に輝度勾配を求める手段と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値を、らせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める手段と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数を基に正規化する手段と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める手段とを含む処理ブロックを第 1 の画像の 1 画素毎または複数の画素毎に有し、前記輝度勾配を求める際、および該輝度勾配の累積値をらせん状もしくは同心円状に走査して求める際に、全処理ブロック間で近傍画素値を一斉に転送可能な、前記処理ブロック間の転送パスを有する、請求項 4 記載の三次元画像処理装置。

【請求項 6】 前記処理ブロックおよび転送パスとして連想メモリを有する、請求項 5 記載の装置。

【請求項 7】 異なる視点から撮られた複数枚の画像を

入力し、第 1 の画像の各画素について、第 1 の画像を除く画像中の最も相応する画素位置を探索し、それらの画素位置の差分を視差情報として抽出し、該視差情報から距離画像を得る三次元画像処理装置であって、前記複数枚の画像を入力する手段と、前記複数枚の各画素毎に輝度勾配を求める手段と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値を、らせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める手段と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数 10 を基に正規化する手段と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める手段と、求められた画素毎のブロックサイズを用いて、第 1 の画像と他の画像の対応点探索処理を行い、視差情報を抽出し、距離画像を出力する手段を有する三次元画像処理装置。

【請求項 8】 第 1 の画像と他の画像を入力し、第 1 の画像と他の画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像を出力する三次元画像処理装置であって、第 1 の画像の画素データを記憶するメモリ、他の画像の画素データを記憶するメモリ、当該画素の輝度勾配値を記憶するメモリ、輝度勾配値の累積値を記憶するメモリ、ブロックサイズを記憶するメモリ、視差情報を記憶するメモリを含むデータ記憶部と、隣接する処理ブロックからデータを受け取り、前記データ記憶部に格納するデータ受信部と、各画素の輝度勾配を算出し、前記データ記憶部に格納する輝度勾配演算部と、輝度勾配値の累積処理を行い、前記データ記憶部に格納する輝度勾配値累積処理部と、輝度勾配値が閾値を越えたかどうか判定する累積値閾値判定部と、画素毎に得られた走査画素数または周回数に基づき画素毎に最適なブロックサイズを算出し、前記データ記憶部に格納するブロックサイズ算出部と、画素毎の求められたブロックサイズを求めて、第 1 の画像と他の画像間の対応点探索処理を行う対応点探索処理部と、処理ブロック内で転送が必要なデータを隣接する 1 個の処理ブロックに転送するデータ送信部と、命令を受信し、該命令に応じて前記データ受信部、前記輝度勾配演算部、前記輝度勾配累積処理部、前記累積値閾値判定処理部、前記ブロックサイズ算出部、前記対応点探索処理部、前記データ送信部のいずれかを起動する命令受信部を含む処理ブロックが前記画像データの各画素に対応して配列された P E アレイ処理部と、入力された第 1 の画像と他の画像の画素データを対応する処理ブロックのデータ受信部に送信するとともに、データ格納を指示する命令を対応する処理ブロックの命令受信部に送信する画像入力初期化部と、全処理ブロックの命令受信部に対して、前記輝度勾配演算部を起動する命令を出す輝度勾配算出制御部と、らせん状もしくは同心円状に画素を走査しながら、全処

理ブロックの命令受信部に対して、前記輝度勾配値累積処理部、前記累積値閾値判定処理部を起動する命令を出すらせん走査処理制御部と、

全処理ブロックの命令受信部に対して、前記ブロックサイズ算出部を起動する命令を出すブロックサイズ算出制御部と、

全処理ブロックの命令受信部に対して、前記対応点探索処理部を起動する命令を出す対応点探索処理制御部とを有する三次元画像処理装置。

【請求項 9】 第 1 の画像と他の画像を入力し、第 1 の画像と他の画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像を出力する三次元画像処理装置であって、

画像の画素数と同じワード数を有し、各ワードに第 1 の画像の画素データ、他の画像の画素データ、輝度勾配値、輝度勾配値累積値、ブロックサイズ、視差情報を格納する連想メモリと、

入力された第 1 の画像と他の画像の画素データを前記連想メモリに格納する画像入力初期化部と、

画素毎に輝度勾配を求め、前記連想メモリに格納する輝度勾配算出制御部と、

当該処理ブロックの対応する画素を中心としたらせん状に沿った近傍処理ブロックについて順次、輝度勾配値を読み出し、前記連想メモリへ転送し、前記連想メモリ内で前記輝度勾配累積値に加算するらせん走査処理制御部と、

画素毎に得られた走査画素数または周回数に基づきブロックサイズを求め、前記連想メモリに格納するブロックサイズ算出制御部と、

前記求められた画素毎のブロックサイズを求めて、第 1 の画像と他の画像間の対応点探索処理を行う対応点探索処理制御部を有する三次元画像処理装置。

【請求項 10】 異なる視点から撮られた複数枚の画像を入力し、第 1 の画像の各画素について、第 1 の画像を除く画像中の最も相応する画素位置を探索し、それらの画素位置の差分を視差情報として抽出し、該視差情報から距離情報を得る三次元画像処理プログラムであって、前記複数枚の画像を入力する処理と、

前記複数枚の各画素毎に輝度勾配を求める処理と、

画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値を、らせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める処理と、

前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数を基に正規化する処理と、

前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める処理と、

求められた画素毎のブロックサイズを用いて、第 1 の画像と他の画像の対応点探索処理を行い、視差情報を抽出し、距離画像を出力する処理をコンピュータに実行させるための三次元画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 11】 第 1 の画像と他の画像を入力し、第 1 の画像と他の画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像を出力する三次元画像処理プログラムであって、

第 1 の画像の画素データを記憶するメモリ、他の画像の画素データを記憶するメモリ、当該画素の輝度勾配値を記憶するメモリ、輝度勾配値の累積値を記憶するメモリ、ブロックサイズを記憶するメモリ、視差情報を記憶するメモリを含むデータ記憶部と、隣接する処理ブロックからデータを受け取り、前記データ記憶部に格納するデータ受信部と、各画素の輝度勾配を算出し、前記データ記憶部に格納する輝度勾配演算部と、輝度勾配値の累積処理を行い、前記データ記憶部に格納する輝度勾配値累積処理部と、輝度勾配値が閾値を越えたかどうか判定する累積値閾値判定部と、画素毎に得られた走査画素数または周回数に基づき画素毎に最適なブロックサイズを算出し、前記データ記憶部に格納するブロックサイズ算出部と、画素毎の求められたブロックサイズを求めて、

第 1 の画像と他の画像間の対応点探索処理を行う対応点探索処理部と、処理ブロック内で転送が必要なデータを隣接する 1 個の処理ブロックに転送するデータ送信部と、命令を受信し、該命令に応じて前記データ受信部、前記輝度勾配演算部、前記輝度勾配値累積処理部、前記累積値閾値判定処理部、前記データ送信部のいずれかを起動する命令受信部を含む処理ブロックが前記画像データの各画素に対応して配列された P E アレイ処理部と、

入力された第 1 の画像と他の画像の画素データを対応する処理ブロックのデータ受信部に送信するとともに、データ格納を指示する命令を対応する処理ブロックの命令受信部に送信する画像入力初期化処理と、

全処理ブロックの命令受信部に対して、前記輝度勾配演算部を起動する命令を出す輝度勾配算出処理と、

らせん状もしくは同心円状に画素を走査しながら、全処理ブロックの命令受信部に対して、前記輝度勾配値累積処理部、前記累積値閾値判定処理部を起動する命令を出すらせん走査処理と、

全処理ブロックの命令受信部に対して、前記ブロックサイズ算出部を起動する命令を出すブロックサイズ算出処理と、

全処理ブロックの命令受信部に対して、前記対応点探索処理部を起動する命令を出す対応点探索処理をコンピュータに実行させるための三次元画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 12】 第 1 の画像と他の画像を入力し、第 1 の画像と他の画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像を出力する三次元画像処理プログラムであって、

画像の画素数と同じワード数を有し、各ワードに第 1 の画像の画素データ、他の画像の画素データ、輝度勾配値、輝度勾配累積値、ブロックサイズ、視差情報を格納

する連想メモリに、入力された第 1 の画像と他の画像の画素データを格納する画像入力初期化処理と、画素毎に輝度勾配を求め、前記連想メモリに格納する輝度勾配算出処理と、

当該処理ブロックの対応する画素を中心としたらせん状に沿った近傍処理ブロックについて順次、輝度勾配値を読み出し、前記連想メモリへ転送し、前記連想メモリ内で前記輝度勾配累積値を加算するらせん走査処理と、画素毎に得られた走査画素数または周回数に基づきブロックサイズを求め、前記連想メモリに格納するブロック

サイズ算出処理と、前記求められた画素毎のブロックサイズを求めて、第 1 の画像と他の画像間の対応点探索処理を行う対応点探索処理をコンピュータに実行させるための三次元画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、ロボットの視覚制御、物体の形状認識、物体の動作認識、障害物認識、空間中の位置認識などの三次元画像処理に利用で

【0002】

【従来の技術】従来、異なる視点から撮られたステレオ画像から、距離画像（奥行画像）を得る方法として、第 1 の画像上のすべての画素について、各画素に対応する点を他方の画像中から探し出し、両画素位置の差（視

$$E(X, Y) = \frac{\sum_{i,j} (PL(i, j) - PR(i, j))^2}{\sqrt{\sum_{i,j} PL(i, j)^2} \sqrt{\sum_{i,j} PR(i, j)^2}} \quad (1)$$

で求められる評価値（残差平方和、SSD）を用いている。フィルタの性質および実験結果から、ブロックサイズは  $7 \times 7$  ( $1 \leq i \leq 7, 1 \leq j \leq 7$ ) が最適としており、全特徴点について固定したブロックサイズでマッチングを行っている。

【0005】三次元画像処理の第 2 の従来方法として、複数のブロックサイズを用いる方法（吾妻、魚森、森村、“ステレオ画像の中間視点画像生成のためのエッジ

$$J = \frac{|E(X, Y) / S - 2\sigma_n^2|}{\overline{f_x^2} + \overline{f_y^2}} \quad (2)$$

ここで、S はブロック内の画素数、 $\sigma_n$  は画像のノイズレベル、

【0007】

【外 1】

\* 差）から三角測量の原理により距離画像を求める方法がある。対応点を検索する方法としては、両画像の画素間の相関値を求め、最も相関のあるもの同士を対応付ける方法が多く用いられる。相関値としては、例えば、第 1 の画像の着目画素を含んだ近傍ブロックと、他方の画像の探索対象の画素を含んだ近傍ブロックとの間で求めた差分絶対値和を用いることができ、他方の画像上で該差分値和の値が最小となる画素を探し出すことにより、視差情報を得て距離画像を求められる。このとき、ブロックサイズが大きいほど、広い範囲の画像情報が得られるため、輝度変化の少ない領域に対してもマッチングの精度の向上が期待できる反面、輝度変化の大きい領域については細かい輝度変化が平均化され精度が落ちる。これに対し、ブロックサイズを小さくすると、逆に輝度変化の大きい領域に有効である反面、輝度変化の少ない領域のマッチングが困難になる。

【0003】このようなブロックマッチング法を用いた三次元画像処理の第 1 の従来方法として、ブロックサイズを固定した方法（蓼沼、湯山、“立体画像の左右対応点探索法の最適化”、テレビジョン学会誌、Vol.48, No.10, pp.1222~1229, 1994.）がある。この方法では、前処理として半径 3 画素の 2 次元フィルタを用いて輪郭抽出を行い、これを入力してブロックマッチングを行っている。左画像、右画像のブロック内の輝度値をそれぞれ  $PL(i, j)$ 、 $PR(i, j)$  としたとき、相関値としては主に、

【0004】

【数 1】

※は、予め用意した複数のブロックサイズに対してブロックマッチングを行い、各々の場合の視差を推定する。マッチング時の相関値は、前記第 1 の従来方法の（1）式と同様な評価値  $E(X, Y)$  を用いている。さらに、下記（2）式で示す信頼性評価値 J を求め、得られた複数の視差推定値から信頼性評価値 J に基づいて選択し視差を決定する。

【0006】

【数 2】

$$\overline{f_x^2}, \overline{f_y^2}$$

は各々ブロック内の水平垂直方向平均 2 乗輝度勾配で、（2）式の値が小さいほど対応付けの信頼性が高いことを示す。この値 J はブロックサイズに依存しないので、

異なるブロックサイズにより得られた複数の推定値からJが最小になる推定値を選択すればよい。マッチングに用いるブロックサイズは、 $10 \times 10$ 、 $20 \times 20$ 、 $40 \times 40$ などの大きなブロックを複数用いている。演算量削減のため、ブロックサイズの種類は少数に絞られているが、最適なブロックサイズを選ぶために、各々のブロックサイズの場合について、(1)式の視差推定値と(2)式の信頼性評価値を必ず求める必要がある。また、選ばれるブロックサイズの種類が少ないので、最適なブロックサイズを選択する上では精度が低く、複雑な後処理によって精度を上げている。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の方法では、以下に示す問題があった。

【0009】(1)第1の従来方法は、対応付けを行うすべての特徴点画素に対し、ブロックサイズを同じ大きさに固定しているため、ブロックサイズが大きい場合は、輝度変化の大きいブロック領域において細かい輝度変化が平均化されて視差推定の精度が落ち、またブロックサイズが小さい場合は、逆に輝度変化の少ないブロック領域のマッチングが困難になる。また、これにより、ブロックサイズと視差推定の精度の関係は画像によって異なるため、最適なブロックサイズを決定することが困難である。

【0010】(2)第2の従来方法は、前記(1)の問題点を解決するため画素毎に最適なブロックサイズを選んでいるが、その際すべての画素について、(1)式の視差推定値とさらに(2)式で示される信頼性評価値を、常に複数のブロックサイズに対して各々求めており、計算量が大きくなる。

【0011】(3)第2の従来方法は、前記(2)の問題点を鑑みて、計算量を削減するために、処理対象とするブロックサイズの種類を間引いているため、最適なブロックサイズを選択する際に、ブロックサイズの候補数が少なくなる。

【0012】(4)第2の従来方法は、画素毎に最適なブロックサイズを求める際に、視差推定値を求める処理と信頼性評価を求める処理は、全画素にわたって逐次的に実行されるため、画像サイズが大きい場合およびブロックサイズが大きい場合に、処理時間が大きくなる。

【0013】本発明の目的は、前述した従来の方法に対して、ブロックサイズをすべて同じ大きさに固定することによる視差推定の精度が低下する問題点と、その場合最適なブロックサイズの決定が困難である問題点と、画素毎に最適なブロックサイズを求める場合に計算量(処理時間)が大きくなる問題点とを解決した三次元画像処理方法、装置を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の三次元画像処理装置では、異なる視点から撮られた複数枚の画像を入力

とし、第1の画像の各画素について、第1の画像を除く画像中の最も相応する画素位置を探索し、それらの画素位置の差分を視差情報として抽出し、該視差情報から距離画像を得る装置において、輝度分布から求める評価値に基づき、当該画素の対応点探索に用いるブロックサイズを決定する手段を有し、画素毎に別々に求めたブロックサイズを用いて、画像間でブロックマッチングにより対応点探索を行う。

【0015】画素毎に最適なブロックサイズを求めてステレオマッチングができるため、輝度変化が大きい近傍ブロック領域を持つ画素にはブロックサイズを小さく、輝度変化の少ない近傍ブロック領域を持つ画素にはブロックサイズを大きくすることにより、視差推定の精度を向上させることができる。また、画素毎の最適なブロックサイズを先にすべて求めてから、決定したブロックサイズを用いてステレオマッチングによる視差推定処理を行うため、1個の画素に対して複数のブロックサイズの場合に対する複数回の視差推定処理を行う必要がなく、処理時間を短くすることができる。

【0016】本発明の実施態様では、ブロックサイズを決定する手段は、画素毎に輝度勾配を求める手段と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値をらせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める手段と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数を基に正規化する手段と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める手段とを有し、この画素毎に別々に求めたブロックサイズを用いて、画像間でブロックマッチングにより対応点探索を行う。最適なブロックサイズは、輝度勾配の累積値をらせん走査しながら求めるため、1回のらせん走査処理で求めることができ、処理時間を短くすることができる。また、最適なブロックサイズは、近傍画素の輝度勾配の累積処理だけで求めるため、複数のブロックサイズに対する複数回の視差推定処理や信頼性評価値算出などの複雑な演算を行う必要がなく、処理時間を短くすることができる。また、ブロックサイズを求める際には演算量の大きい視差推定処理は行わないため、処理対象とするブロックサイズの種類を間引かずに、大きな演算量なしで最適なブロックサイズを決定することができる。

【0017】本発明のさらに他の実施態様では、三次元画像処理装置が、画素毎に輝度勾配を求める手段と、画素毎に該画素近傍の前記輝度勾配の累積値をらせん状もしくは同心円状に画素を走査して求める手段と、前記累積値を、走査した画素数もしくはらせん走査の周回数を基に正規化する手段と、前記正規化した値から閾値判定によりブロックサイズを求める手段とを含む処理ブロックを第1の画像の1画素毎または複数の画素毎に有し、輝度勾配を求める際、および該輝度勾配の累積値をらせん走査して求める際に、全処理ブロック間で近傍画素値を一斉に転送可能な前記処理ブロック間の転送パスを備

えている。

【0018】本実施態様によれば、処理ブロックを第1の画像の1画素または複数の画素毎に有し、全処理ブロック間で近傍画素値を一斉に転送可能な転送パスを備えているため、全画素にわたって逐次的に処理を行う必要がなく、全処理ブロック一斉に処理を実行可能であり、処理時間を短くすることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】第1の実施形態

図1は本発明の第1の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。本実施形態の三次元画像処理装置は、左画像と右画像を入力し、一方の画像の画素毎に最適なブロックサイズを求めた後、得られたブロックサイズに基づいたブロックマッチングにより、左右画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像（奥行き画像）を出力するものである。こ\*

$$E = |L1 - R1| + |L2 - R2| + \dots + |L9 - R9|$$

これは差分絶対値和であるが、相関値としては従来方法の式(1)で示した残差平方和などのような各種の値を任意に用いることができる。また、ブロックサイズは3×3の例を示しているが、任意のサイズと形状に容易に拡張できる。探索に際しては、右画像のブロックBRは、左画像上の図に示した探索範囲(BLからBL<sub>max</sub>まで)に絞ったエピポーラ線上（もしくはエピポーラ線近傍）の範囲のみを探索すればよい。ここで、maxは左右画像間の視差の最大値で、前記探索範囲以外にはPRに対応する点が存在しないため、範囲を絞ることにより処理量を削減し、誤対応を減らすことができる。

【0022】次に、前記ブロックマッチング法による対応点探索処理の前に行う、画素毎に最適なブロックサイズを求める方法について説明する。ブロックサイズが大きいほど、広い範囲の画像情報を得られ、輝度変化の少ない領域に対してもマッチングの精度の向上が期待できる反面、輝度変化の大きい領域については細かい輝度変化が平均化されて精度が落ちる。これに対し、ブロックサイズを小さくすると、逆に輝度変化の大きい領域に有効である反面、輝度変化の少ない領域のマッチングが困難になる。よって、初めに各画素毎に近傍領域の輝度勾配を求め、得られた輝度勾配（輝度変化）に基づき、輝度勾配の緩やかなところはブロックサイズを大きくし、輝度勾配の急峻なところはブロックサイズを小さくすることにより、ステレオマッチングの精度を向上させることが可能である。例えば図3のような画像の場合、画素PAでは近傍領域の輝度勾配が少ないため、BAのような大きなブロックを用いるのがよいが、画素PCでは近傍領域の輝度勾配が大きいので、BCのような小さなブロックを用いるのが望ましい。

【0023】本装置では、予め全画素における輝度勾配を求める。具体的な算出方法については、例えばsobel

\*ここでは、2枚の画像（左画像と右画像）を入力として説明しているが、3個以上の視点から撮られた複数画像の場合にも、そのうちの任意の2枚の画像に対しては同様に当該処理を行うことができることは明らかである。以下、本実施形態の動作を説明する。

【0020】まず先に、本装置での左右画像上の対応点探索方法について説明する。本装置では、各画像上の着目する画素近傍のブロック同士の相関値を求め、最も相関度の高い画素同士を対応付けするブロックマッチング法を用いる。対応付けの例を図2に示す。右画像の画素PRに対応する画素を左画像上から探索する際、左画像の着目画素PLとの間で、各々の画素の近傍ブロックBR、BL同士で例えば下記式(3)に示す相関値Eを求める。

【0021】

【数3】

(3)

フィルタのような微分フィルタを用いることができるが、輝度変化の度合いを示す値を求めるものであれば、任意のフィルタなどを用いた方法が容易に実行可能である。また、輝度値としては、白黒の濃淡画像だけでなく、カラー画像の各カラー成分値でもよい。また、フィルタとして、エピポーラ線に平行な方向に対する微分フィルタを用いることにより、エピポーラ線に平行な線状の画像が近傍領域に含まれる場合に、誤ったブロックサイズが得られる問題を回避できる。

【0024】具体的なブロックサイズの求め方について以下説明する。右画像上の各画素について、図4のように着目画素を中心として、近傍の画素をらせん状に走査する。走査しながら走査中の画素が持つ輝度勾配値（輝度勾配の絶対値を意味する。以下も同じ。）を累積し、予め定めた閾値を超えたら、その画素（またはその周回）で走査をやめ、そのときまでの走査画素数（または周回数）を記憶する。こうして各画素毎に得られた該走査画素数（または周回数）は、近傍領域に輝度変化が少ない場合、値が大きくなり、また近傍領域の輝度変化が大きい場合、値が小さくなるので、この値に比例した値としてブロックサイズを得ることができる。

【0025】図1に示した第1の実施形態において、以上の処理を実行する具体的な動作を説明する。

【0026】画像入力部11は、カメラ10<sub>1</sub>、10<sub>2</sub>で撮影され、装置に入力された左画像と右画像の画素データを画像記憶部12へ格納する。

【0027】輝度勾配算出部13は、前述した微分フィルタ処理などにより、各画素における近傍領域の輝度勾配を、全画素について求める。

【0028】らせん走査処理部15では、各画素について、図4のような該画素を中心としたらせん状走査を行い、走査中の画素において前記得られた輝度勾配値を読



み出し、累積（加算）処理を行う。走査中に、累積値が予め定めた閾値を超えたら、その画素（またはその周回）で走査をやめ、そのときまでの走査画素数（または周回数）を記憶する。また、このらせん走査において、画素毎に閾値判定処理するのではなく、1周回（1同心円）の走査を終えてから閾値判定することにより、閾値判定処理の回数を削減する方法も容易に実現可能である。これらの処理を全画素について実行する。

【0029】ブロックサイズ算出部16では、画素毎に得られた前記走査画素数（または周回数）に基づき、画素毎に最適なブロックサイズを求める。求め方としては得られた周回数をを用いて、その周回数に対応した同じ大きさのブロックサイズとする方法がある。例えば当該画素を中心に3周回のらせん走査を終えていたら、 $7 \times 7$ のサイズのブロックとする。すなわち $n$ 周回ならば、1辺が $(n+1) \times 2$ のサイズとする。また、周回数の値をそのまま使うだけでなく、得られた走査画素数（または周回数）に係数をかけるなどの演算を行ってから、その値に基づいてブロックサイズを求める方法も同様に容易に考えられる。

【0030】前述したらせん走査処理部15で求められた走査画素数（または周回数）は、得られた後すぐブロックサイズも求めてしまえば、走査画素数用の記憶部は必要なく省略できる。

【0031】対応点探索処理部18は、求められた画素毎のブロックサイズを用いて、左右画像の対応点探索処理を行う。具体的な方法としては、本実施形態の初めに述べたようなブロックマッチングによる左右画像間での画素同士の対応付け処理を行うものであればよい。得られた画素毎の視差情報から、距離画像（奥行き画像）を出力する。

## 【0032】第2の実施形態

図5は、本発明の第2の実施形態三次元画像処理装置の構成図である。

【0033】本実施形態の三次元処理装置は、第1の実施形態と同様に、左画像と右画像を入力し、一方の画像の画素毎に最適なブロックサイズを求めた後、得られたブロックサイズに基づいたブロックマッチングにより、左右画像間で画素同士の対応付けを行い、画素毎の視差情報を得ることにより、距離画像（奥行き画像）を出力するものである。以下、本実施形態の動作を説明する。

【0034】本装置は、後述する処理ブロック（PE）30を図5（a）のように $NX \times NY$ 個の二次元アレイ状に配置する。処理ブロック30間は転送パス40で接\*

$$G(X, Y) = \sum_{i,j} (PR(X+i, Y+j) \times W(i, j))$$

ここで、 $-(m-1)/2 \leq i \leq (m-1)/2$ ,  $-(m-1)/2 \leq j \leq (m-1)/2$ である。全処理ブロックについて一斉に、隣接処理ブロックからのデータ転送と、処理ブロック内での演算処理を行わせる。

\* 続される。PEアレイ部20の接続形態は、例えば4隣接のメッシュ結合で構成する。処理ブロック30の数は画像の画素数と同じとし、1個の処理ブロック30は、左画像の1画素と右画像の1画素の情報を格納し、下記にて説明される輝度勾配算出処理、らせん走査処理、ブロックサイズ算出処理、対応点探索処理などを行う。入力画像サイズを $IX \times IY$ としたとき、 $IX = NX$ ,  $IY = NY$ であり、座標 $(X, Y)$ の画素に関わる処理を行うPEを $PE(X, Y)$ とする。

【0035】1個の処理ブロック30は、図5（b）のように、データ記憶部39として、左画像の画素データPLを記憶するメモリ、右画像の画素データPRを記憶するメモリ、また当該画素の輝度勾配値G、輝度勾配値の累積値SG、ブロックサイズBS、視差情報MDを記憶するメモリ、および必要に応じて演算時や転送時に必要なワークメモリworkを持つ。また、輝度勾配演算部33、輝度勾配値累積処理部34、累積値閾値判定処理部35、ブロックサイズ算出部36、対応点探索処理部37、および制御命令受信部31、データ受信部32、データ送信部38を持つ。以下に示す動作において、データ記憶部39に記憶されているデータと隣接する処理ブロック30から受け取るデータを用いた各種演算およびデータの更新処理を行う。

【0036】画像入力初期化部21は、装置に入力された左画像と右画像の画素データを全処理ブロック30へ入力する。このとき、画像上の座標 $(X, Y)$ の画素データは、 $PE(X, Y)$ のデータ記憶部PL $(X, Y)$ 、PR $(X, Y)$ に格納する。

【0037】輝度勾配算出制御部22は、全処理ブロック30に対して、画素値PR $(X, Y)$ に対する近傍領域の輝度勾配を求めるための制御信号をPEアレイ20へ送る。輝度勾配の具体的な算出方法について以下説明する。図6に、 $3 \times 3$ 近傍の微分フィルタの例を示す。フィルタの係数（重み）について、図6（a），（b），（c）のような各種のものを容易に適用できる。また、大きさについても $5 \times 5$ などさらに大きいサイズの任意のフィルタも適用できる。また、複数のフィルタを組み合わせて処理することも可能である。一般にサイズを $m \times m$ とし、フィルタの各係数を $W(i, j)$ とすると、画素PR $(X, Y)$ に対する輝度勾配値G $(X, Y)$ は、下記式に基づいてPE $(X, Y)$ において算出される。

【0038】

【数4】

(4)

【0039】らせん走査処理部23では、全処理ブロックに対して、第1の実施形態と同様に図4のような該画素を中心としたらせん状走査を行いながら、輝度勾配値の累積（加算）処理と閾値判定処理を行うための制御信



号をPEアレイ処理部20へ送る。走査は近傍画素に対応する対象処理ブロックを順次変えながら、その処理ブロックに格納されている輝度勾配値Gを読み出して、着目している画素PR(X, Y)に対応するPE(X, Y)へ転送させ、PE(X, Y)内ではこの値を順次SGに累積加算していく。走査対象の処理ブロックを予め決めた順に変えながら転送と累積処理を行わせ、累積値SGが予め定めた閾値を超えたら、そのときまでの走査画素数(または周回数)をPE(X, Y)に記憶させる。全処理ブロックについて一斉に、近傍の処理ブロックからのデータ転送と、処理ブロック内での演算処理を行わせる。

【0040】ブロックサイズ算出制御部24では、画素毎に得られた前記走査画素数(または周回数)に基づき、画素毎に最適なブロックサイズを算出させるための制御信号をPEアレイ部20へ送る。具体的な求め方は、第1の実施形態と同様に、得られた周回数を用いてその周回数に対応した同じ大きさのブロックサイズとする方法などがある。例えば当該画素を中心に3周回のらせん走査を終えていたら、7×7のサイズブロックとする。すなわちn周回ならば、1辺が(n+1)×2のサイズとする。また、得られた走査画素数(または周回数)に係数をかけるなどの正規化を行ってブロックサイズを求める方法もある。全処理ブロックについて一斉に、ブロックサイズの算出処理を行わせる。

【0041】対応点探索処理制御部25は、前記求められた画素毎のブロックサイズを用いて、左右画像間の対応点探索処理を行うための制御信号をPEアレイ処理部20へ送る。右画像上のすべての画素に対して、左画像上で各々対応する画素を探索する。具体的な方法としては、第1の実施形態の初めに述べたようなブロックマッチングによる左右画像間での画素同士の対応付け処理を行うものであればよい。得られた画素毎の視差情報から距離画像(奥行き画像)を出力する。

【0042】各処理ブロック内での具体的な処理について説明する。データ受信部32は、他の処理ブロックから送られてきたデータをデータ記憶部39に格納する。データ送信部38は、処理ブロック内で転送が必要なデータを隣接した1個の処理ブロックに送出する。

【0043】輝度勾配演算部22は、近傍領域の画素値を読み出して、PE(X, Y)における輝度勾配を求める。輝度勾配の具体的な算出方法について以下説明する。例えば図6の3×3近傍の微分フィルタを用いるとすると、近傍領域内の各PEの画素値PR(X+i, Y+j)  $(-(m-1)/2 \leq i \leq (m-1)/2, -(m-1)/2 \leq j \leq (m-1)/2)$  を転送によって順に読み出し、各々フィルタの係数W(i, j)を乗算したものを加算処理していき、輝度勾配値Gを求め、データ記憶部39に格納する。全処理ブロックが同時にこの同じ動作を行うことができるので、全処理ブロック一

斉に輝度勾配を求めることが可能である。

【0044】輝度勾配値累積処理部34では、該処理ブロックの対応する画素を中心としたらせん状に沿った近傍PEについて順次、輝度勾配値Gを読み出してPE(X, Y)へ転送し、PE(X, Y)内でSGに累積加算していく。らせん走査の順序は予め決めておけるが、外部のらせん走査処理制御部23から走査対象PEアドレスを指示してもよいし、各処理ブロックが走査順序を覚えていてもよい。全処理ブロックが常に同じ走査順に処理を行えば、全処理ブロック一斉に累積処理を行うことが可能である。

【0045】累積値閾値判定処理部35では、処理ブロックに対して実行される転送と累積処理において、累積値SGが予め定めた閾値を超えたら、そのときまでの走査画素数(または周回数)をデータ記憶部39に記憶する。処理ブロック毎に独立した処理なので全処理ブロック一斉に処理可能である。SGが閾値を超えた後は、他の処理ブロックとともに処理を続けてもよいし、その処理ブロックだけ処理を終らせてもよい。

【0046】ブロックサイズ算出部36では、画素毎に得られた前記走査画素数(または周回数)に基づき、ブロックサイズBSを求め、データ記憶部39に記憶する。具体的な求め方は、ブロックサイズ算出制御部24で示したように、得られた周回数を用いて、その周回数に対応した同じ大きさのブロックサイズとする方法などがある。閾値判定処理部35と同様に、処理ブロック毎に独立した処理なので全処理ブロック一斉に処理可能である。

【0047】対応点探索処理部37は、前記求められた画素毎のブロックサイズを用いて、左右画像間の対応点探索処理を行う。具体的な方法としては、第1の実施形態の初めに述べたようなブロックマッチングによる左右画像間での画素同士の対応付け処理を行うものであればよい。すなわち着目しているPE(X, Y)の対応する画素の近傍領域ブロックについて、左右画像間でブロック同士の相関値を求め、最も相関度の高い画素同士を対応付ける方法である。例えば図2に対して、式(3)の相関値Eを求める場合、まず全処理ブロックにおいて画素値PLとPRの差分絶対値を求めて記憶しておき、次に全処理ブロックにおいて、各々の近傍領域の処理ブロックで求められた差分絶対値を着目しているPE(X, Y)に転送して和を求め、相関値Eを求める。全処理ブロックについて、同じ処理および同じ方向の転送を行うので、全処理ブロック一斉に実行できる。対応点探索処理により見つけられた左右画像の対応画素の位置から、その座標値の差分を用いて視差値MDを求めることができる。得られた視差値MDをそのまま、もしくは係数を変えるなどの正規化を行った値を距離画像(奥行き画像)として出力できる。

【0048】以上の第2の実施形態において、外部のフ

ィルタ処理を行える装置を用いることにより、入力画像として、カメラからの画像ではなく、予め輝度勾配を求めた後の画像を入力すれば、P Eアレイ処理部20内で輝度勾配算出処理を行う必要はなくなる。すなわち輝度勾配算出制御部22や処理ブロック内の輝度勾配演算部33が省ける。また、対応点探索処理についても、P Eアレイ処理部20内で実行せずに対応点探索が可能で、画素毎にブロックサイズを変えて処理できる外部の対応点探索装置に、得られたブロックサイズを入力して用いることも可能である。

### 【0049】第3の実施形態

図7は本発明の第3の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【0050】本実施形態では、第2の実施形態で示したP Eアレイ処理部20を、図5で示したような、連想メモリ(CAM)50で構成する。CAM50は、画像の画素数と同じワード数 $V = NX \times NY$ を持たせ、1ワードは左画像の1画素および右画像の1画素に関わる情報を格納する。

【0051】ここで用いるCAM50は、既に池永らが提案している二次元P Eアレイ型のCAM(T.Ikenaga, T.Ogura, "A Fully-Parallel 1Mb CAM LSI for Real-Time Pixel-Parallel Image Processing", ISSCC, 1999、池永、小倉、"超並列型2次元セルラーオートマトン：CAM<sup>2</sup>"、信学技報、CPSY-ICDFTS, 1996.)を対象としている。このCAM50は、1画素を1ワードに割り当て、論理的に二次元P Eアレイ状に配置および接続されており、外部からの制御により各種並列処理を実行できる。具体的な並列処理例を図9に示す。図9

(a)は、参照データを入力すると、サーチマスクがのビットの部分だけ等しい値を持つワードを、全ワード一斉に検索し、答えをヒットフラグに格納する処理例を表している。また、図9(b)はヒットフラグが1になっているワードのみに、ライトマスクでマスクされた入力データを並列に書き込みする例を表している。このような並列検索と並列書き込み機能を組み合わせることにより、CAM50では加算処理などの任意の算術および論理演算を、全ワード並列に実行することが可能である。メモリ上で演算するので、演算のための演算器を持つ必要がないという特徴を持つ。また、ヒットフラグを介して上下ワード間の全ワード一斉転送が可能である。ここでは、上記二次元P Eアレイ型のCAM50を例に説明しているが、通常の一次元アレイ型のCAMで、上下ワード間でデータを転送できる機能を持っていれば、図8のように画素とワードを割り当てることにより、前記と同様の方法で容易に実現できる。以下、このような特徴を持つCAMを用いた実施形態について、具体的な動作を説明する。

【0052】CAM50の1ワードの構成は、図5で示したように第2の実施形態と同様の情報を記憶する。以

下に示す動作について、CAM50に記憶されているデータと隣接処理ブロックから受け取るデータを用いた各種演算およびデータの更新処理は、CAM50の持つ並列演算機能などにより、CAM50のメモリ上で実行できる。全体の処理の流れは第1の実施形態とほぼ同じであるので、CAM50内での具体的な処理について以下説明する。

【0053】CAM50は、隣接したワード間でデータの転送が可能であり、ワードのデータを近傍画素に対応したワードへ転送することができる。また、CAM50内ではワード内の任意のデータ間で、全ワード並列に検索処理、書き込み処理、加算処理が可能であり、これらの並列処理機能を利用することにより処理時間を短縮できる。

【0054】画像入力初期化部41、輝度勾配算出制御部42、らせん走査処理制御部43、ブロック算出制御部44、対応点探索処理制御部45は図5(a)の対応する各部21~25と同様の動作をする。

【0055】まず、近傍領域の画素値を転送してきて、P E(X, Y)における輝度勾配値Gを求める。輝度勾配値の具体的な算出方法は、第2の実施形態と同等な、例えば図6の3×3近傍の微分フィルタなどが可能である。求められた輝度勾配値GはCAM50に格納する。CAM50では、全ワード(P E)が同時に同じ演算処理を行うことができるので、全ワード一斉に輝度勾配を求めることが可能である。

【0056】次に、累積処理を行うが、該P Eの対応する画素を中心としたらせん状に沿った近傍P Eについて順次、輝度勾配値Gを読み出してP E(X, Y)へ転送し、P E(X, Y)内でSGに累積加算していく。これらの処理もCAM50の全ワードにわたって同時に処理可能である。

【0057】さらに、累積値の閾値判定処理も、CAM50の全ワード並列の比較処理・更新処理により、全ワード一斉に実行可能である。

【0058】ブロックサイズ算出制御部44でのブロックサイズの算出処理は、画素毎に得られた前記走査画素数(または周回数)に基づき、ブロックサイズBSを求めCAM50に記憶する。これも同様に全ワード一斉に処理可能である。

【0059】対応点探索処理部45は、前記求められた画素毎のブロックサイズを用いて、左右画像間の対応点探索処理を行う。具体的な方法としては、第1の実施形態の初めに述べたようなブロックマッチングによる左右画像間での画素同士の対応付け処理を行うものであればよい。すなわち、着目しているP E(X, Y)の対応する画素の近傍領域ブロックについて、左右画像間でブロック同士の相関値を求め、最も相関度の高い画素同士を対応付ける方法である。具体的には2次元P Eアレイと等価の構造を持つCAMでは、第1の実施形態と同様の

実施例を実現できる。

【0060】以上CAM50内での処理（輝度勾配算出処理、らせん走査処理、ブロックサイズ算出処理、対応点探索処理）は、いずれも全ワード、すなわち全画素において一斉に実行される。また、これらの処理はすべてCAMのメモリ上で演算されるので、そのための専用の演算器を持つ必要がなく、ハードウェア量も小さくできる。

#### 【0061】第4の実施形態

図10は本発明の第4の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【0062】第1の実施形態では、予め全画素における輝度勾配値を求め、その値を用いて累積処理を行っていたが、本装置では直接入力画像を用いて、以下の累積処理、閾値判定処理などを行っていくものである。

【0063】画像入力部51、画像記憶部52、ブロックサイズ算出部56、ブロックサイズ記憶部57、対応点探索処理部58については、第1の実施形態の画像入力部11、画像記憶部12、ブロックサイズ算出部16、ブロックサイズ記憶部17、対応点探索処理部18と同様の動作をする。輝度勾配算出部は必要なく、らせん走査処理部55の動作が第1の実施形態と少し異なる。以下、本装置のらせん走査処理部55の動作について説明する。

【0064】らせん走査処理部55では、輝度勾配値として、着目画素値PE(X, Y)と走査中の対象画素値PR(X+i, Y+j)の差分絶対値を求め、この値をらせん走査しながら累積加算処理していく。閾値判定処理については、第1の実施形態と同様で、予め定めた閾値との比較処理により、閾値を超えたら走査をやめ、そのときまでの走査画素数（または周回数）を記憶する。画素毎の輝度勾配値を予め求める必要がないので処理時間が短縮できるとともに、輝度勾配値を記憶するメモリも必要なくなる。この方法、すなわち入力画素値の差分絶対値を輝度勾配値の代わりに用いる方法では、着目画素の近傍領域に輝度変化が少ない場合、走査画素数（または周回数）の値が大きくなり、また近傍領域の輝度変化が大きい場合、値が小さくなるので、この値に比例した値としてブロックサイズを得ることができる。

【0065】以上の第4の実施形態においては、第2、第3の実施形態のようなPEアレイを用いた処理方法についても容易に実現できる。

#### 【0066】第5の実施形態

図11は、本発明の第5の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【0067】第2、第3の実施形態では、処理ブロック(PE)の数は画像の画素数と同じとしているが、1個の処理ブロックPEが複数の近傍画素を処理する実施形態も実現可能である。この場合、第2の実施形態では、処理ブロックPEを説明する図5(b)の中で、データ

記憶部39'のワード数を、該処理ブロックPEが扱う画素数に応じた数のワード数を持たせればよい。第3の実施形態では、例えば1ワード(PE)で4画素を扱う場合、画素数と同じにしていたワード数V(=NX×NY)を1/4(=V/4ワード)に減らし、1ワードのビット数を4倍に拡張すればよく、このとき、1ワード内に格納される4つの画素のデータは逐次処理すればよい。近傍画素値の転送などが異なるが、隣接処理ブロックからの転送処理の一部が処理ブロックPE内のデータ記憶部からの読み出しに関わるだけであり、全体の構成は図5(a)と同様で、容易に実現可能である。処理ブロックPE(ワード)内では画素毎に逐次処理されるが、全処理ブロックPE(ワード)は一斉に処理を実行することができる。第2、第3の実施形態よりも処理時間が大きくなるが、ハードウェア量は削減できる。

#### 【0068】第6の実施形態

以上の実施形態では、らせん走査処理部では、着目画素PE(X, Y)の近傍画素を走査する際に、PE(X, Y)を中心としてらせん状に走査対象PEを変えつつ、転送処理を行っていたが、本実施形態は、画素毎に近傍領域の範囲を広げるのではなく、周回毎に（同心円上に）広げる方法とする。

【0069】すなわち、図12で示したように、まず3×3の領域について周囲の輝度勾配値の累積処理を行ってから、閾値判定処理を行う。次に、対象領域を5×5に拡大してその周囲の輝度勾配値をそれまでの累積に続けて累積処理し、その後閾値判定処理を行う。このように走査の対象画素領域を拡大させながら走査処理を行う方法である。これにより、閾値判定処理の回数は、前述までの実施形態の場合に比べて削減できる。

#### 【0070】第7の実施形態

また、第2、第3の実施形態のようなPEアレイを用いた場合において、第6の実施形態の走査処理を実行した場合、累積処理の際に、図13で示すような近傍処理ブロックからのデータ転送手順を行うことにより、累積処理の処理数を削減できる方法が考えられる。

【0071】図13は、3×3のときの累積処理において、周回して走査するのではなく、まず上下の転送と累積処理を行い（図13(1)、(2)）、次にその値を用いて左右の転送と累積処理（図13(3)、(4)）を行うことにより、1周回上の全画素について中心の着目画素の処理ブロックPEへの転送と累積処理を行うことができる。このとき、上下転送と左右転送を全処理ブロックPEに対して一斉に同じ処理を行うことにより、全処理ブロックPE(画素)に対する近傍の走査処理は一斉に実行でき、その際の転送回数と累積処理回数を削減することができる。5×5以上の任意のサイズの場合の累積処理に対する手順も、容易に実現可能である。

【0072】なお、以上に示した各実施形態の三次元画像処理装置の各部の処理は、三次元画像処理プログラム

として、フロッピーディスク、CD-ROM、光磁気ディスクなどの記録媒体に記録しておき、パソコンなどのコンピュータ上で実行することもできる。

【0073】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は下記のような効果がある。

【0074】1) 請求項3の発明は、画素毎に最適なブロックサイズを求めてステレオマッチングできるため、輝度変化が大きい近傍ブロック領域を持つ画素にはブロックサイズを小さく、輝度変化の少ない近傍ブロック領域を持つ画素にはブロックサイズを大きくすることにより、視差推定の精度を向上させることができる。また、画素毎の最適なブロックサイズを先にすべて求めてから、決定したブロックサイズを用いてステレオマッチングによる視差推定処理を行うため、1個の画素に対して複数のブロックサイズの場合に対する複数回の視差推定処理を行う必要がなく、処理時間を短くすることができる。

【0075】2) 請求項1と4の発明は、1)記載の効果に加え、最適なブロックサイズは、輝度勾配の累積値をらせん走査しながら求めるため、1回のらせん走査処理で求めることができ、処理時間を短くすることができる。また、最適なブロックサイズは、近傍画素の輝度勾配の累積処理だけで求めるため、複数のブロックサイズに対する複数回の視差推定処理や信頼性評価値算出などの複雑な演算を行う必要がなく、処理時間を短くすることができる。また、ブロックサイズを求める際には演算量の大きい視差推定処理は行わないため、処理対象とするブロックサイズの種類を問わずに、大きな演算量なしで最適なブロックサイズを決定することができる。

【0076】3) 請求項5の発明は、処理ブロックを第1の画像の1画素毎または複数の画素毎に有し、全処理ブロック間で近傍画素値を一斉に転送可能な転送パスを備えているため、全画素にわたって逐次的に処理を行う必要がなく、全処理ブロック一斉に処理を実行可能であり、処理時間を短くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【図2】本発明の第1の実施形態における対応点探索方法を説明する図である。

【図3】本発明の第1の実施形態におけるブロックサイズを画素毎に変更する説明図である。

【図4】本発明の第1の実施形態におけるらせん走査を説明する図である。

【図5】本発明の第2の実施形態の三次元画像処理装置

の構成図である。

【図6】本発明の第2の実施形態における輝度勾配算出のためのフィルタを説明する図である。

【図7】本発明の第3の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【図8】本発明の第3の実施形態における画像とCAMワードの関係を説明する図である。

【図9】本発明の第3の実施形態におけるCAMの並列処理例を説明する図である。

【図10】本発明の第4の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

【図11】本発明の第5の実施形態の三次元画像処理装置の構成図である。

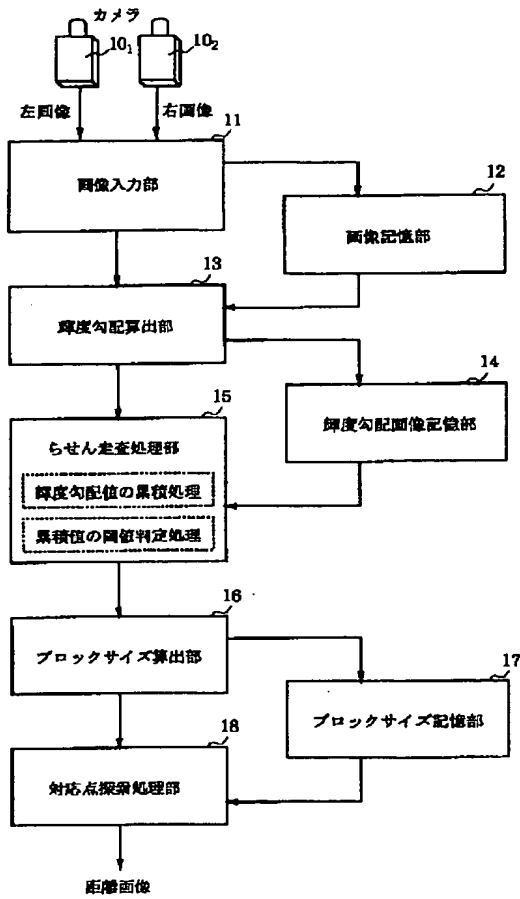
【図12】本発明の第6の実施形態を説明する図である。

【図13】本発明の第7の実施形態を説明する図である。

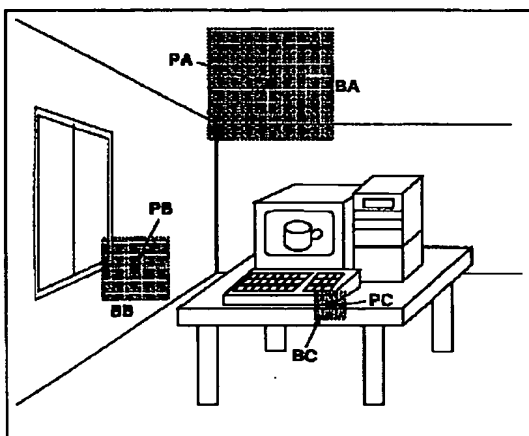
【符号の説明】

10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub> カメラ  
 11, 51 画像入力部  
 12, 52 画像記憶部  
 13 輝度勾配算出部  
 14 輝度勾配画像記憶部  
 15, 55 らせん走査処理部  
 16, 56 ブロックサイズ算出部  
 17, 57 ブロックサイズ記憶部  
 18, 58 対応点探索処理部  
 20 PE処理アレイ部  
 21, 41 画像入力初期化部  
 22, 42 輝度勾配算出制御部  
 23, 43 らせん走査処理制御部  
 24, 44 ブロックサイズ算出制御部  
 25, 45 対応点探索処理制御部  
 30 処理ブロック  
 31 制御命令受信部  
 32 データ受信部  
 33 輝度勾配演算部  
 34 輝度勾配値累積処理部  
 35 累積値閾値判定処理部  
 36 ブロックサイズ算出部  
 37 対応点探索処理部  
 38 データ送信部  
 39, 39' データ記憶部  
 40 転送パス  
 50 連想メモリ(CAM)

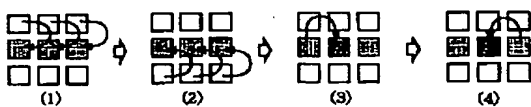
【図1】



【図3】

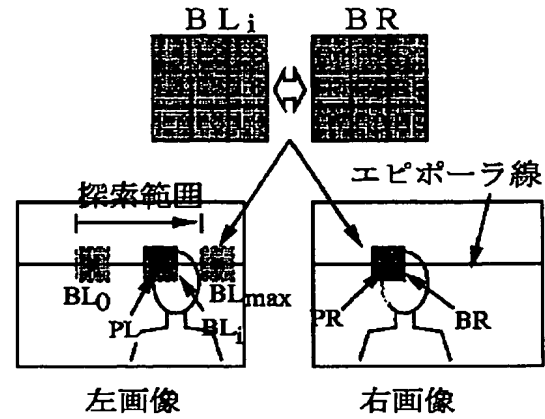


【図13】

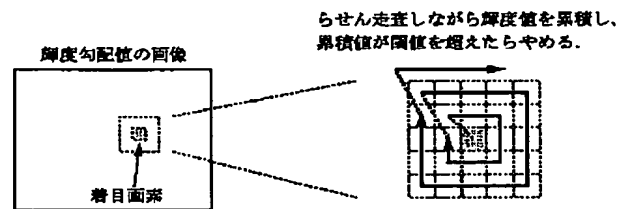


【図2】

対象画素の近傍ブロック間の相関値を算出



【図4】



【図6】

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(a)

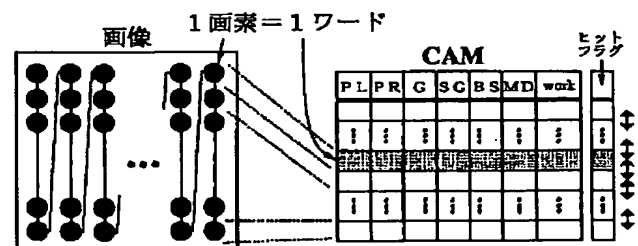
1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

(b)

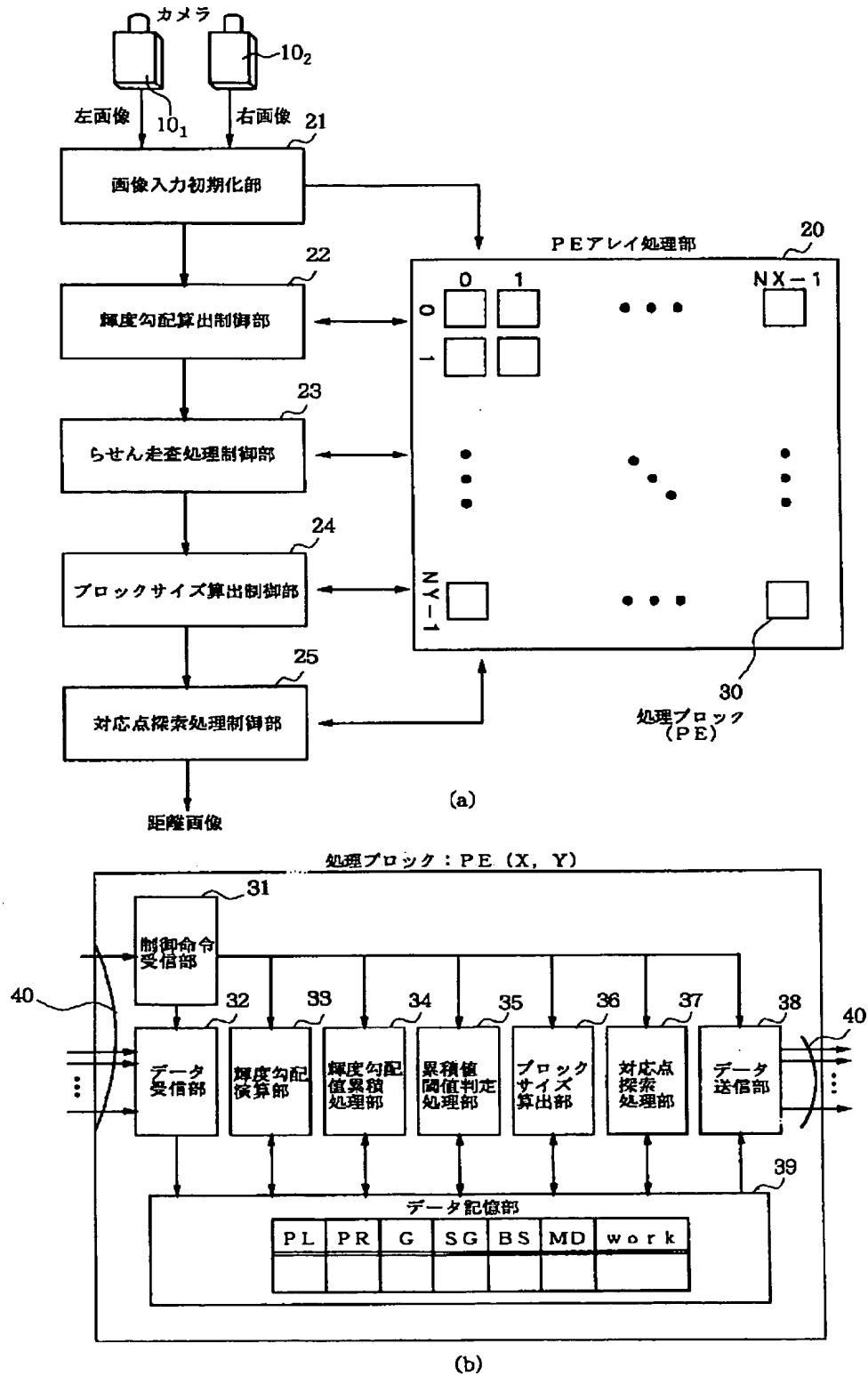
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

(c)

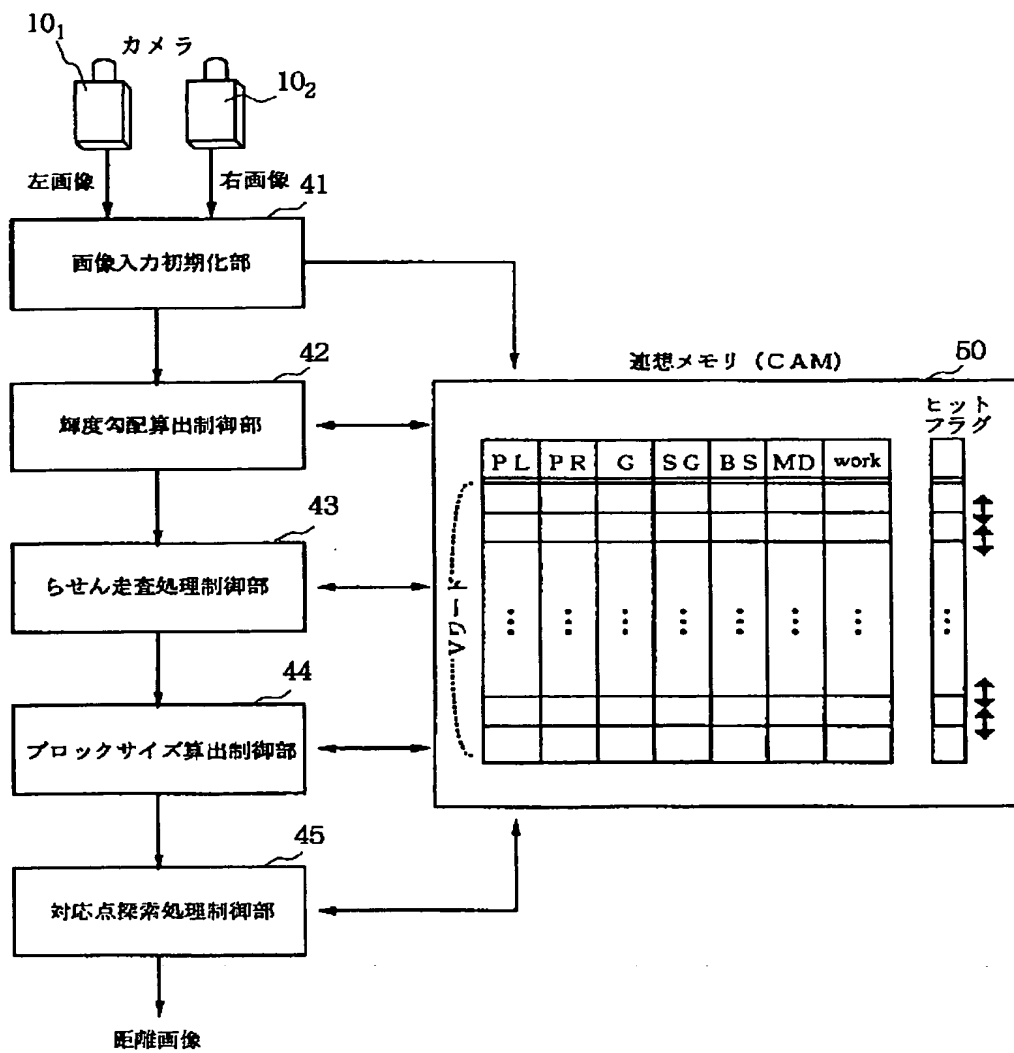
【図8】



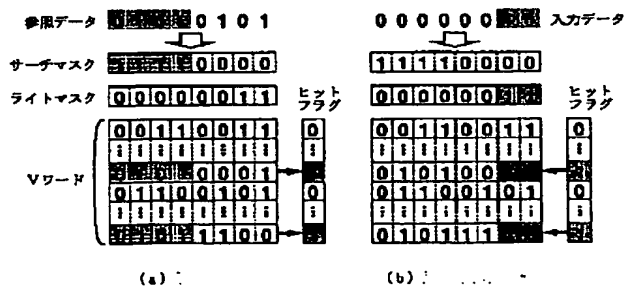
【図5】



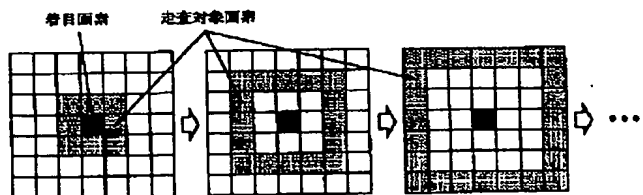
【図7】



【図9】

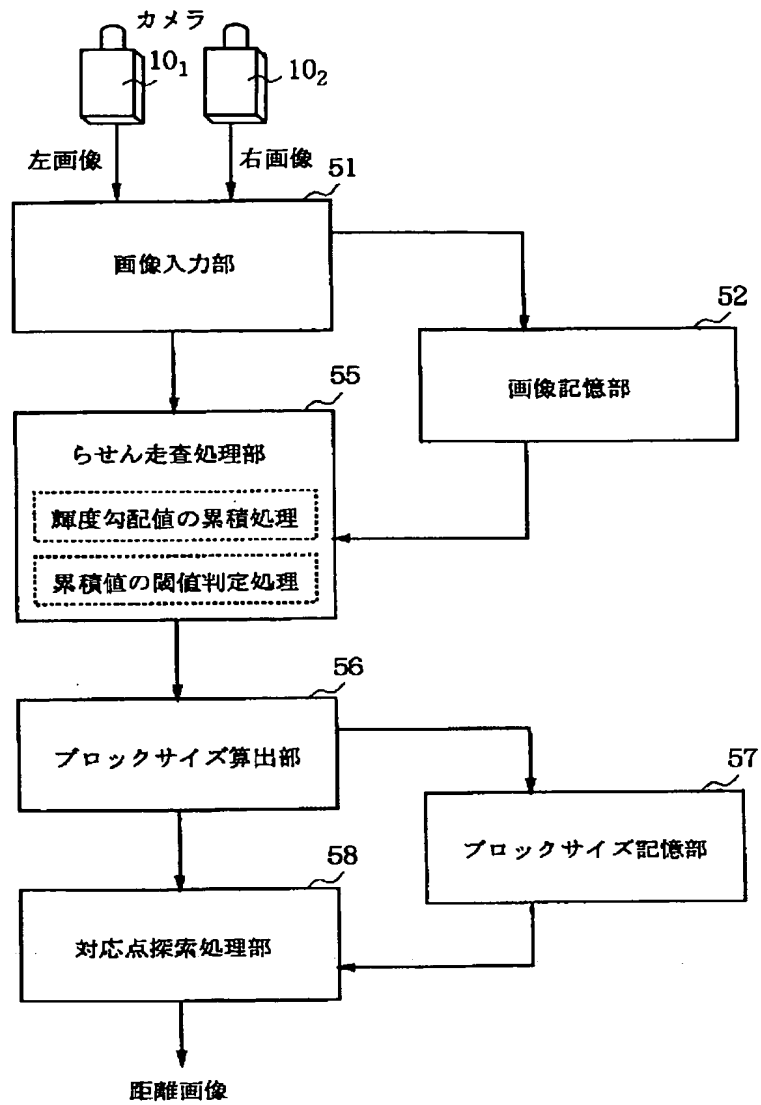


【図12】

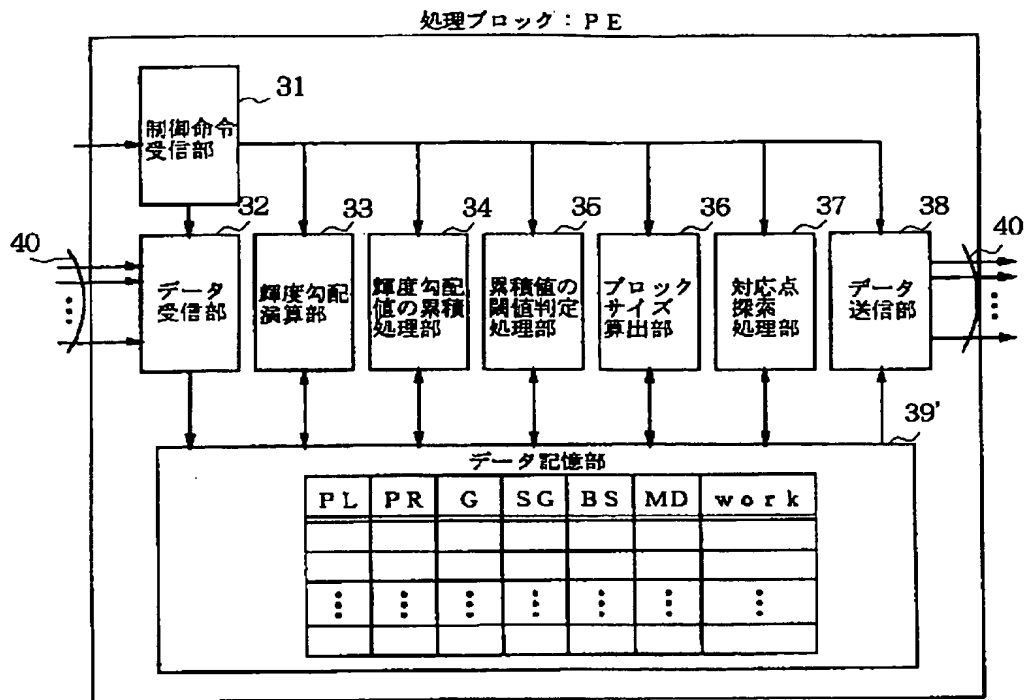




【図10】



【図11】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 DD06 DD07 FF05  
 JJ03 JJ05 JJ26 MM00 QQ08  
 QQ13 QQ14 QQ24 QQ29 QQ31  
 QQ36 QQ38 QQ42 UU06  
 2F112 AC06 BA05 CA08 FA03 FA09  
 FA21 FA27 FA29 FA35 FA38  
 FA41 FA45  
 5B050 DA07 EA04 EA07 EA18  
 5B057 CH11 DA07 DB03 DC22 DC32